



Perencanaan Struktur Beton Bertulang Gedung Arsip 4 Lantai

Berry Koloy^{#a}, Ronny E. Pandaleke^{#b}, Ellen J. Kumaat^{#c}

[#]Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia
^akoloyberry@gmail.com, ^bronny_pandaleke@yahoo.com, ^cekumaat@unsrat.ac.id

Abstrak

Gedung arsip adalah bangunan yang berfungsi sebagai kantor untuk pengolahan, pelestarian dan pelayanan arsip. Tata letak ruangan gedung arsip didesain mengikuti standar Arsip Nasional Republik Indonesia (ANRI). Menurut SNI 1727:2020 tentang Beban Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain, ruang arsip harus dirancang untuk beban yang lebih berat. Kondisi ini memperlihatkan pembebanan yang besar dan harus memberikan desain yang aman dengan memperhatikan kekakuan, kekuatan dan daktilitas struktur. Skripsi ini bertujuan untuk merencanakan struktur gedung arsip 4 lantai dengan pemilihan sistem struktur, yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) berdasarkan Kategori Desain Seismik (KDS) D. Struktur yang direncanakan adalah konstruksi beton bertulang gedung bertingkat yang terdiri dari 4 lantai kerja dengan panjang bangunan 25 m, lebar 18 m, tinggi struktur bagian tengah 21.17 m. Elemen struktur yang direncanakan, yaitu balok, kolom dan pelat. Pemodelan dan analisis struktur menggunakan bantuan *Software*. Berdasarkan hasil analisis dan desain yang telah dibuat, struktur gedung mampu menahan beban horizontal dan vertikal serta memenuhi persyaratan keamanan struktur terhadap gempa. Penulangan pada elemen struktur mampu menahan gaya momen dan gaya geser yang bekerja pada penampang dan telah memenuhi persyaratan pendetailan SRPMK, yaitu *Strong Column Weak Beam*.

Kata kunci: perencanaan struktur, gedung arsip, beton bertulang, SRPMK

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Gedung arsip adalah bangunan yang berfungsi sebagai kantor dan penyimpanan berkas-berkas penting. Gedung arsip akan dibangun untuk pengolahan serta pelestarian dan pelayanan arsip. Tata letak ruangan gedung arsip didesain mengikuti standar Arsip Nasional Republik Indonesia (ANRI).

Menurut SNI 1727:2020 tentang Beban Minimum dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain dicantumkan bahwa, ruang arsip dan komputer harus dirancang untuk beban yang lebih berat. Dalam hal ini, salah satu fasilitas yang digunakan adalah lemari arsip yang terbuat dari bahan metal atau besi, dimana pembebanan lantai 150 psf (7,18 kN/m²) berlaku untuk pemasangan lemari arsip. Kondisi ini memperlihatkan pembebanan yang besar dan harus tetap memberikan desain yang aman.

Permasalahan yang harus di hadapi dan diminimalisir dalam perencanaan ini yaitu gempa bumi. Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki risiko gempa yang tinggi yang mengharuskan perencana membuat konsep bangunan yang aman dan didesain tahan terhadap gempa. Karena gedung arsip yang direncanakan adalah gedung bertingkat maka dalam merencanakan strukturnya harus memperhatikan kekakuan, kekuatan dan daktilitas.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, akan dibahas tentang bagaimana merencanakan elemen struktur bangunan bertingkat tahan gempa dengan konstruksi beton bertulang yang mampu menahan beban vertikal dan horizontal serta memenuhi standar keamanan dan kenyamanan sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI).

1.3. Batasan Perencanaan

Batasan masalah yang penulis tetapkan dalam perencanaan ini yaitu:

1. Struktur gedung bertingkat yang ditinjau adalah gedung 4 lantai dengan konstruksi beton bertulang.
2. Perencanaan elemen struktur yaitu, balok, kolom, pelat dan hubungan balok kolom.
3. Perencanaan elemen struktur menggunakan analisis yang mengacu pada SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung.
4. Analisa gaya gempa menggunakan metode analisis respon spektrum berdasarkan SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.
5. Perhitungan Pembebanan berdasarkan SNI 1727:2020 tentang Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain.
6. Beban-beban yang akan ditinjau yaitu beban mati, beban hidup, dan beban gempa.
7. Struktur atap baja hanya diasumsikan sebagai massa. Perencanaan struktur atap baja tidak dibahas dalam perencanaan ini.
8. Perencanaan gedung hanya mencakup analisis struktur dan desain elemen struktur.
9. Pondasi tidak dihitung dalam perencanaan ini.

1.4. Tujuan Perencanaan

Tujuan perencanaan ini adalah untuk merencanakan model struktur gedung tahan gempa dan mendapatkan dimensi elemen struktur beton bertulang yang sesuai dengan syarat dan kriteria desain menurut peraturan yang berlaku.

2. Metode Perencanaan

Metode perencanaan ini diawali dengan pengumpulan data-data yang akan digunakan dalam analisis dan desain. Lokasi perencanaan bangunan berada di Kota Manado, Sulawesi Utara, Indonesia. Fungsi bangunan sebagai ruang arsip dan kantor dengan konstruksi beton bertulang.

A. Data Struktur Bangunan

Fungsi bangunan	= Arsip dan kantor
Jumlah lantai	= 4 lantai
Tinggi struktur	= ± 21.17 m
Tinggi antar lantai	= 4.2 m (lantai 1) dan 4 m (lantai 2-4)
Panjang bangunan	= ± 25 m (Arah x)
Lebar bangunan	= ± 18 m (Arah y)
Material konstruksi	= Beton bertulang

B. Data Material

1. Spesifikasi Material Beton
 - Mutu beton (f'_c) = 30 MPa
 - Berat jenis (γ) = 2400 kg/m³
 - Modulus elastisitas beton (E_c) = $4700 \sqrt{f'_c} = 25742,9602$ MPa
2. Spesifikasi Material Baja
 - Mutu baja tulangan utama (f_y) = 420 MPa (BjTS 420A)

- Mutu baja tulangan sengkang (f_{ys}) = 280 MPa (BjTP 280)
- Modulus elastisitas baja (E_s) = 200000 MPa

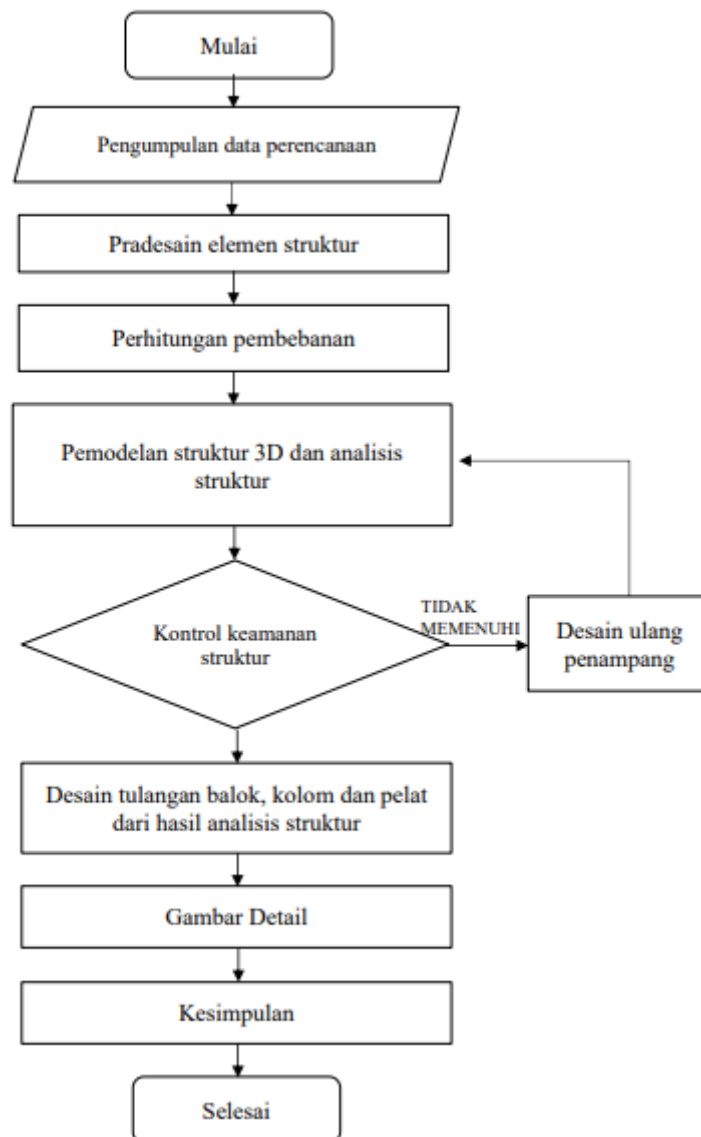
C. Data Beban

Beban-beban yang direncanakan terdiri dari beban mati (berat sendiri struktur dan beban tambahan), beban hidup sebesar luasan per m^2 yang ditinjau berdasarkan fungsi bangunan berdasarkan SNI 1727:2020 dan beban gempa yang dianalisis berdasarkan SNI 1726:2019.

D. Data Tanah

Data tanah ini hanya akan digunakan untuk penentuan Kelas Lokasi (Jenis Tanah) untuk perhitungan dan analisis gempa. Hasil penyelidikan tanah berdasarkan data sondir atau *Cone Penetration Test* (CPT). Lapisan tanah keras berada pada kedalaman 3.80 m dan jenis tanah diklasifikasikan sebagai tanah sedang dengan nilai $N < 50$.

E. Bagan Alir Perencanaan

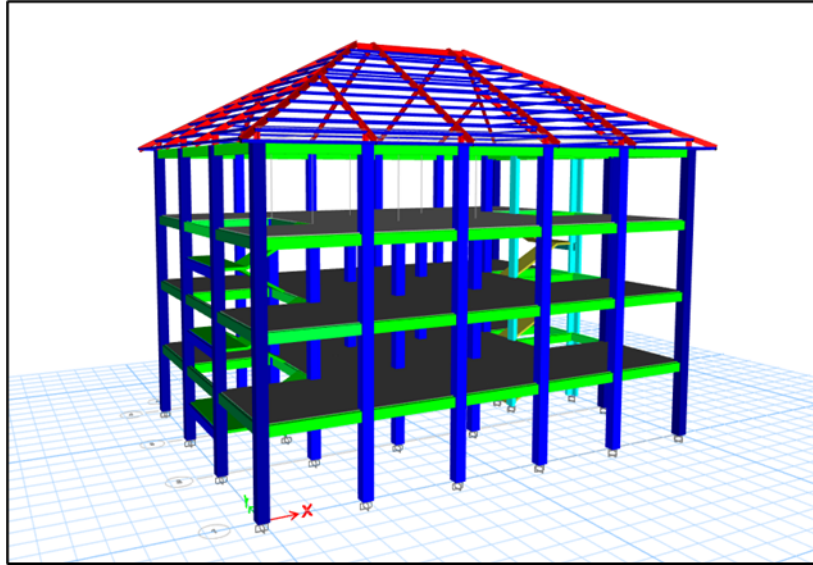


Gambar 1. Bagan Alir

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pemodelan Struktur 3D

Struktur beton bertulang direncanakan berdasarkan data bangunan dan material. Berikut adalah gambar struktur 3 dimensi yang dimodelkan.



Gambar 2. Geometri Struktur 3D

3.2. Pembebanan

A. Beban Mati

- Berat sendiri elemen struktur beton bertulang (*Dead Load*) = 24 kN/m³
- Beban tambahan (SIDL) = 1.2 kN/m³

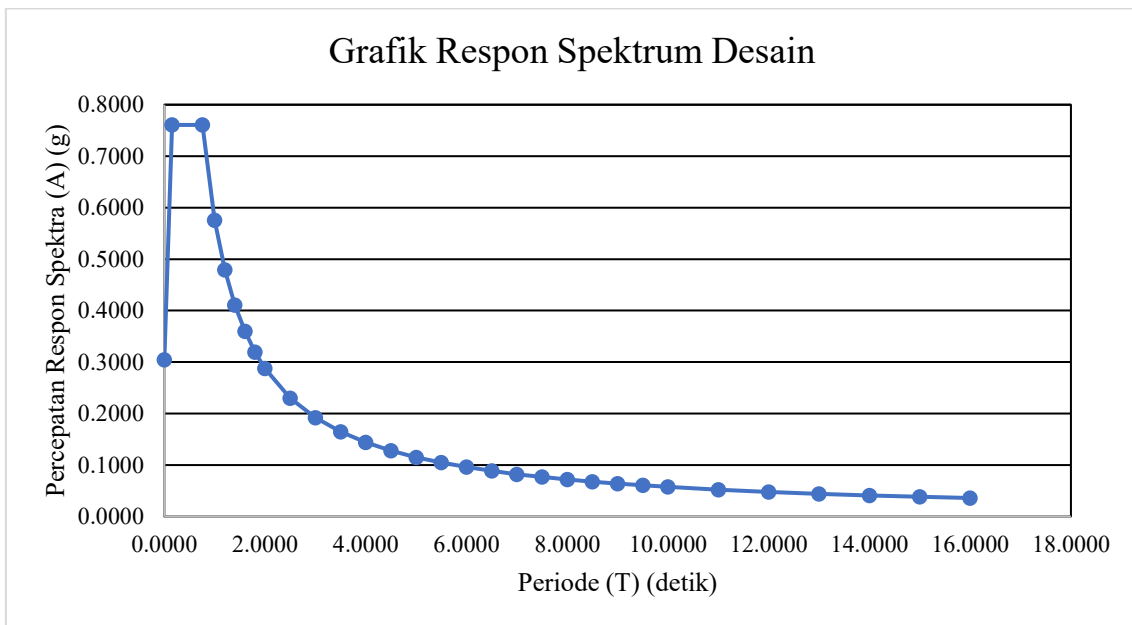
B. Beban Hidup

- Ruang Arsip Statis Vital = 7.18 kN/m²
- Ruang Pusat Rekam = 7.18 kN/m²
- Ruang Kontrol = 4.79 kN/m²
- Lobby dan Koridor (lantai pertama) = 4.79 kN/m²
- Lobby dan Koridor (di atas lantai pertama) = 3.83 kN/m²
- Ruang Restorasi Dan Perawatan Arsip = 4.79 kN/m²
- Ruang Pendataan dan Ahli Media = 4.79 kN/m²
- Ruang Sortir = 4.79 kN/m²
- Ruang Transit = 4.79 kN/m²
- Ruang Pelatihan/Workshop = 4.79 kN/m²
- Ruang Kepala UPT = 2.4 kN/m²
- Ruang Server = 4.79 kN/m²
- Ruang Rapat = 4.79 kN/m²
- Ruang Tata Usaha = 2.4 kN/m²
- Ruang Baca/Informasi Publik = 2.87 kN/m²
- Ruang Diorama/Visualisasi = 2.4 kN/m²
- Ruang Kontrol = 2.4 kN/m²
- Gudang = 6 kN/m²
- Pantry = 1.92 kN/m²
- Toilet = 1.92 kN/m²
- Beban hidup atap = 0.96 kN/m²

C. Beban Gempa

Beban gempa menggunakan analisis dinamik ragam respon spektrum berdasarkan parameter yang dihitung berdasarkan SNI 1726:2019.

- Parameter percepatan gempa
 - S_s = 1.0608 g
 - S_1 = 0.4722 g
 - Kategori risiko II dan faktor keutamaan gempa (I_e) adalah 1.0
 - Kelas situs = SD (tanah sedang)
 - Parameter respon spektral
 - S_{DS} = 0.7607 g ≥ 50
 - S_{D1} = 0.5754 g ≥ 20
- berdasarkan nilai S_{DS} dan S_{D1} maka struktur termasuk kategori desain seismik (KDS) "D" dan dipilih Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).



Gambar 3. Kurva Respon Spektrum Desain

D. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi beban dengan pengaruh beban seismik diperhitungkan bersama dengan kombinasi beban dasar. Kombinasi beban yang dipakai adalah kombinasi metode *ultimate* atau LRFD (*Load and Resistance Factor Design*) berdasarkan SNI 1727:2020 Pasal 4.2.2..

3.3. Pradesain Elemen Struktur

A. Dimensi awal balok

- Balok Utama (B1, B2, B3) = 300 x 500 mm
- Balok Anak (BA) = 250 x 350 mm

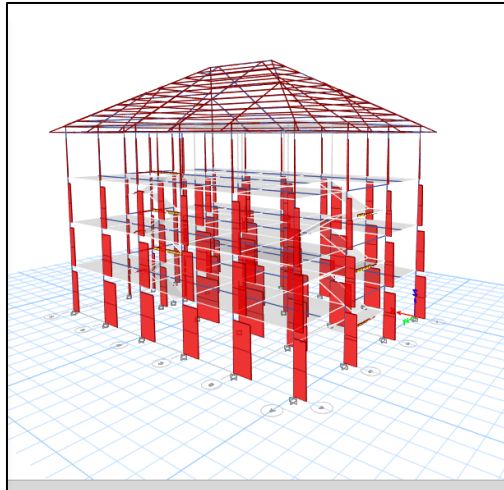
B. Dimensi awal kolom

- Kolom (K1 dan K2) = 550 x 550 mm

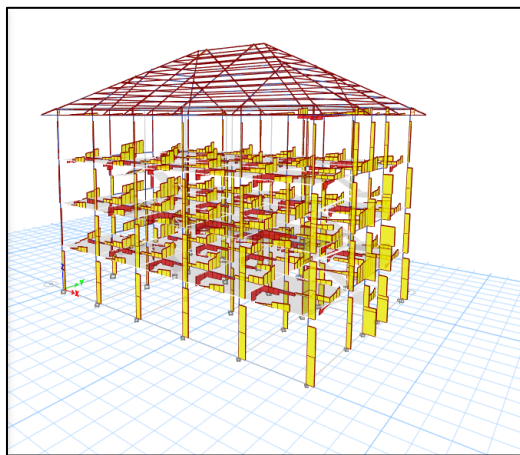
C. Dimensi awal pelat

- Tebal pelat lantai kerja = 130 mm (lantai 2,3 dan lantai mesin lift) dan 150 mm (lantai 4)
- Tebal pelat tangga dan bordes = 150 mm

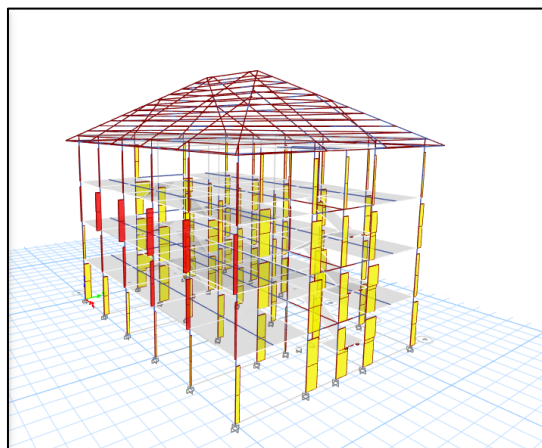
3.4. Hasil Analisis



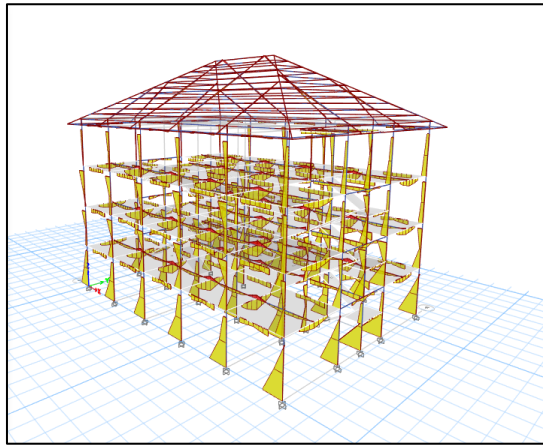
Gambar 4. Bidang Gaya Dalam Akibat Beban Aksial Maksimum



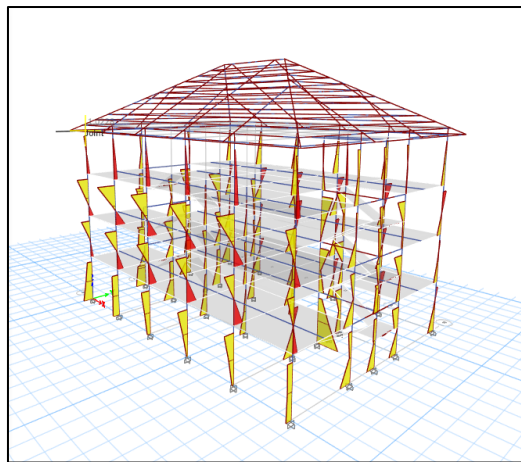
Gambar 5. Bidang Gaya Dalam Akibat Gaya Geser Maksimum Arah X



Gambar 6. Bidang Gaya Dalam Akibat Gaya Geser Maksimum Arah Y



Gambar 7. Bidang Gaya Dalam Akibat Gaya Momen Maksimum Arah X



Gambar 8. Bidang Gaya Dalam Akibat Gaya Momen Maksimum Arah Y

3.5. *Perencanaan Tulangan*

Gaya-gaya dalam yang didapatkan dari hasil analisis, digunakan untuk menghitung kebutuhan tulangan balok, kolom dan pelat.

A. *Perencanaan tulangan balok*

Perencanaan tulangan balok meliputi penulangan lentur, geser dan torsi/badan. Hasil perhitungan tulangan balok dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Rekapitulasi Penulangan Lentur Balok (Hasil Analisis, 2023)

Story	Nama Balok	Ukuran Balok (b x h)	Tulangan Tarik		Tulangan Tekan		Tulangan Geser		
							Jumlah Kaki	Diameter (mm)	S _{desain} (mm)
4	B1 30/50	300 x 500	4	S-16	3	S-16	3	10	95
			4	S-16	3	S-16	3	10	200
	BLIFT 25/35	250 x 350	3	S-16	2	S-16	2	10	70
			3	S-16	2	S-16	2	10	140
3	B1 30/50	300 x 500	4	S-16	3	S-16	3	10	95
			4	S-16	3	S-16	3	10	200
	B2 30/50	300 x 500	5	S-16	3	S-16	3	10	95

			5	S-16	3	S-16	3	10	200	
	B3 30/50	300 x 500	6	S-16	3	S-16	3	13	95	
			6	S-16	3	S-16	3	13	200	
	BA 25/35	250 x 350	4	S-16	2	S-16	2	10	70	
			4	S-16	2	S-16	2	10	140	
	B1 30/50	300 x 500	4	S-16	3	S-16	3	10	95	
			4	S-16	3	S-16	3	10	200	
	B2 30/50	300 x 500	5	S-16	3	S-16	3	10	95	
			5	S-16	3	S-16	3	10	200	
2	B3 30/50	300 x 500	6	S-16	3	S-16	3	13	95	
			6	S-16	3	S-16	3	13	200	
	BA 25/35	250 x 350	4	S-16	2	S-16	2	10	70	
			4	S-16	2	S-16	2	10	140	
	B1 30/50	300 x 500	4	S-16	3	S-16	3	10	95	
			4	S-16	3	S-16	3	10	200	
	B2 30/50	300 x 500	5	S-16	3	S-16	3	10	95	
			6	S-16	3	S-16	3	10	200	
1	B3 30/50	300 x 500	5	S-16	3	S-16	3	13	95	
			5	S-16	3	S-16	3	13	200	
	BA 25/35	250 x 350	4	S-16	2	S-16	2	10	70	
			4	S-16	2	S-16	2	10	140	
	Sloof	TB 30x50	300 x 500	6	S-19	6	S-19	3	10	100
				6	S-19	6	S-19	3	10	200

Penulangan torsi balok direncanakan diameter 2-S13 untuk balok B1 dan B2, 2-S16 untuk balok B3 dan 2-S10 untuk Balok Anak (BA). Penamaan tulangan sesuai persyaratan SNI 2052:2017.

B. Perencanaan tulangan kolom

- Kolom Tengah dan Kolom Tepi Arah X (K2)
 - Tulangan longitudinal = 12-S22
 - Tulangan geser
 - Daerah sendi plastis (Io) = 650 mm
 - Tumpuan/daerah sendi plastis = 5S13 – 100
 - Lapangan/diluar sendi plastis = 5S13 – 125
- Kolom Sudut dan Kolom Tepi Arah Y (K1)
 - Tulangan longitudinal = 16-S22
 - Tulangan geser
 - Daerah sendi plastis (Io) = 650 mm
 - Tumpuan/daerah sendi plastis = 5S13 – 100
 - Lapangan/diluar sendi plastis = 5S13 – 125

C. Perencanaan tulangan pelat

Tabel 2. Rekapitulasi Penulangan Pelat Lantai (Hasil Analisis, 2023)

Lantai	Lajur	tp (mm)	Tulangan Utama		Tulangan Susut
			Arah X	Arah Y	
Atap lift	Kolom (Tumpuan)	130	S13-300	S13-300	P10-200

Lantai	Lajur	tp (mm)	Tulangan Utama		Tulangan Susut
			Arah X	Arah Y	
4	Tengah (Lapangan)	150	S13-300	S13-300	
	Kolom (Tumpuan)		S13-150	S13-100	
	Tengah (Lapangan)		S13-150	S13-100	
3	Kolom (Tumpuan)	130	S13-300	S13-300	
	Tengah (Lapangan)		S13-300	S13-150	
2	Kolom (Tumpuan)	130	S13-300	S13-300	
	Tengah (Lapangan)		S13-300	S13-150	
1	Kolom (Tumpuan)	130	S13-300	S13-300	
	Tengah (Lapangan)		S13-300	S13-150	
Base	Kolom (Tumpuan)	-	M8-150	M8-150	
	Tengah (Lapangan)		M8-150	M8-150	

Tabel 3. Rekapitulasi Penulangan Pelat Tangga dan Bordes (Hasil Analisis, 2023)

Lantai	Section	tp (mm)	Tulangan Utama	Tulangan Susut
Tangga	Tumpuan	150	S13-150	P10-300
	Lapangan		S13-150	
Bordes	Tumpuan	150	S13-150	
	Lapangan		S13-150	

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perencanaan struktur gedung tahan gempa Gedung Arsip 4 Lantai di Kota Manado menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) diperoleh kesimpulan, yaitu:

1. Perencanaan dimensi balok:
 - Balok Utama (B1, B2, B3) dan Sloof = 300 x 500 mm
 - Balok Anak (BA) = 250 x 350 mm
 Balok tersebut direncanakan dengan jumlah tulangan lentur dan geser yang berbeda.
2. Perencanaan dimensi kolom:
 - Kolom (K1, K2) = 550 x 550 mm
 Kolom dibagi menjadi: Kolom Sudut, Kolom Tengah, Kolom Tepi Arah X dan Kolom Tepi Arah Y. Dimensi kolom yang direncanakan, tipikal dari lantai 1 sampai lantai 4 dengan jumlah tulangan yang berbeda.
1. Perencanaan tebal pelat:
 - Elemen pelat lantai kerja direncanakan pelat dua arah sedangkan pelat tangga dan bordes direncanakan pelat satu arah dengan dimensi sebagai berikut:
 - a. Lantai 2 dan 3 (Pelat Tipe A) = 130 mm
 - b. Lantai 4 (Pelat Tipe B) = 150 mm
 Tebal pelat lantai 4 didesain lebih tebal dari lantai 2 dan 3 karena berdasarkan analisis, gaya momen terfaktor yang terjadi akibat dari beban hidup ruang arsip di lantai 4 cukup besar. Oleh karena itu, pelat lantai 4 didesain 150 mm dengan tujuan supaya pelat lebih kaku dan momen yang terjadi akan berkurang serta pada saat perhitungan tulangan, rasio tulangan perlu tidak melewati batas rasio tulangan maksimum dan jarak desain tulangan semakin besar.
 - c. Pelat tangga dan bordes = 150 mm
2. Struktur gedung mengalami ketidakberaturan struktur horizontal yang diperiksa berdasarkan SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, sebagai berikut:

- a. Ketidakberaturan Torsi Tipe 1a di arah Y, karena rasio simpangan maksimum dan simpangan rata-rata melebihi 1,2.
- b. Ketidakberaturan Diskontinuitas Diafragma, karena luas bukaan di lantai atap (420 m^2) lebih dari 50% luas lantai yang melingkupinya (450 m^2), dengan persentase 93% luas bukaan.

Struktur gedung yang mengalami ketidakberaturan struktur horizontal telah dilakukan langkah perbaikan tambahan sesuai prosedur SNI 1726:2019.

3. Struktur gedung tidak mengalami ketidakberaturan struktur vertikal.
4. Periode fundamental pendekatan struktur tidak melebihi periode maksimum, $T_{\text{maks}} = 0.799$ detik, yaitu:
 - a. Mode 1 arah X = 0.763 detik
 - b. Mode 2 arah Y = 0.724 detik

Jika dimensi elemen struktur diperkecil, maka nilai periode fundamental struktur semakin besar dan kemampuan struktur menahan gempa akan berkurang, dan jika dimensi struktur diperbesar maka struktur bangunan menjadi lebih kaku, tetapi hal ini tidak efisien dan boros.
7. Elemen struktur yang direncanakan telah memenuhi syarat “*Strong Column Weak Beam*” dalam Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) sesuai SNI 2847:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung Dan Penjelasan, yaitu hubungan balok dan kolom (*joint*) memenuhi kondisi $\Sigma M_{nc} \geq 1,2 \Sigma M_{nb}$, hal ini menunjukkan bahwa kuat lentur nominal kolom lebih besar dari kuat lentur nominal balok.
8. Tulangan dan elemen struktur yang direncanakan mampu menahan gaya-gaya yang bekerja, dengan terpenuhinya syarat desain Kekuatan Rencana \geq Kekuatan Perlu, sesuai SNI 2847:2019 sebagai berikut:
 - a. Momen Rencana ($\phi.M_n$) \geq Momen Perlu (M_u)
 - b. Gaya Geser Rencana ($\phi.V_n$) \geq Gaya Geser Perlu (V_u)
 - c. Torsi Rencana ($\phi.T_n$) \geq Torsi Perlu (T_u)
 - d. Gaya Aksial Rencana ($\phi.P_n$) \geq Gaya Aksial Perlu (P_u)

5. Saran

1. Dalam merencanakan struktur gedung, sebaiknya dilakukan pemodelan awal atau *trial* untuk memilih sistem struktur yang tepat, dalam hal ini tata letak dan dimensi balok Karena pemilihan sistem struktur yang tepat sangat mempengaruhi perilaku struktur dan dapat mereduksi goyangan akibat gempa serta membuat struktur lebih kaku, namun tetap mendapatkan dimensi yang efisien dan ekonomis.
2. Untuk perencanaan gedung selanjutnya, bisa dicoba gunakan bentuk kolom yang berbeda. Misalnya, kolom bentuk persegi panjang ataupun kolom yang ukurannya bervariasi dan bisa juga menggunakan dinding geser.

Referensi

- Badan Standarisasi Nasional. (2017). *Baja Tulangan Beton, SNI 2052:2017*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2019). *Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain, SNI 1727:2020*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2019). *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan, SNI 2847:2019*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2019). *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan, SNI 2847:2019*. Jakarta.
- Laily, Rivaldo, Sumajouw, M.D.J., Wallah, S.E. (2020). *Perencanaan Gedung Training Center Konstruksi Beton Bertulang 4 Lantai Di Kota Manado, Jurnal Sipil Statik Vol.7 No.8 Agustus 2019 (1095-1106) ISSN: 2337-6732*. Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Lamia, N.W.M.T., Pandaleke, R. E., Handono, B.D. (2020). *Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Dengan Denah Bangunan Berbentuk "L", Jurnal Sipil Statik Vol.8 No.4 Juli 2020 (519-532) ISSN: 2337-6732*. Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Lesmana, Yudha (2020). *Handbook Desain Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847:2019*, Nas

Media Pustaka, Makassar.

Liando, F. D., Dapas, S.O., Wallah, S.E. (2020). *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Gedung Kuliah 5 Lantai, Jurnal Sipil Statik Vol.8 No.4 Juli 2020 (471-482) ISSN: 2337-6732*. Universitas Sam Ratulangi, Manado.

Rerung, Sandea, Wallah, S.E., Pandaleke, R.E. (2022). *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Gedung Rumah Sakit 7 Lantai, Jurnal Tekno Vol.20 No.82 Desember 2022 ISSN: 0215-9617*. Universitas Sam Ratulangi, Manado.